# Proposição e Aplicação de Metodologia para o Uso Eficiente da Energia em Sistemas Hospitalares

Odilon Francisco Pavón Duarte, Bibiana Maitê Petry, Maicon Henrique Klauck, Diego Ramos Moreira

***Resumo* - Diante da preocupação mundial com a forma de utilização dos insumos energéticos e suas conseqüências, tornou-se essencial o uso eficiente da energia para redução dos impactos ambientais. Nesse contexto, o trabalho objetiva proposição e aplicação de uma metodologia para uso eficiente da energia em sistemas hospitalares desenvolvida pelo Grupo de Eficiência Energética da PUCRS. Com a finalidade de avaliar questões relacionadas à gestão de energia, realiza-se uma avaliação gerencial e estrutura-se um plano de melhorias. Tendo em vista a gama de usos finais encontrada nos hospitais, a metodologia identifica necessidades e oportunidades de intervenção nos sistemas de iluminação, informação, aquecimento de água, força motriz, condicionamento ambiental, equipamentos hospitalares, além do gerenciamento da curva de carga e treinamento dos usuários. A aplicação desta metodologia em 16 hospitais de diferentes portes no estado do Rio Grande do Sul resultou em grande potencial de conservação de energia.**

***Palavras-Chave* - Eficiência Energética, Setor Hospitalar, Gerenciamento pelo Lado da Demanda.**

## I. Introdução

O desenvolvimento econômico acelerado das últimas décadas caracterizou-se pela utilização intensa de energia provinda da manipulação de recursos fósseis. Com a ameaça de esgotamento destes energéticos e suas conseqüências no agravamento do efeito estufa, tornou-se essencial o uso eficiente da energia através do emprego de metodologias de gestão de energia pelo lado da demanda (GLD) e de tecnologias de alta eficiência energética (TAEE).

Neste contexto, o setor hospitalar, que possui custos com eletricidade representados por 23,7% dos gastos com operação e manutenção, utiliza uma gama de usos finais que empregam de maneira intensiva a energia, possibilitando significativa redução no consumo, através da aplicação de projetos de eficiência energética (PEE).

Com o objetivo de reduzir os desperdícios de energia nos usos finais do setor hospitalar, este trabalho apresenta a proposição e aplicação de uma metodologia para uso eficiente da energia em sistemas hospitalares desenvolvida pelo Grupo de Eficiência Energética (GEE) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).

## II. Metodologia para a determinação do potencial de conservação de energia de usos finais

Com o objetivo de reduzir os custos com a energia elétrica e mitigar os impactos ambientais conseqüentes, a metodologia é composta pelos seguintes vetores estratégicos:

- Avaliação gerencial e plano de melhorias;
- Treinamento e conscientização dos usuários;
- Diagnóstico energético;
- Redução dos impactos ao meio ambiente.

### *A. Avaliação Gerencial e Plano de Melhorias*

O primeiro passo para realização de um projeto de eficiência energética consiste na avaliação de todas as pessoas responsáveis pela tomada de decisões no hospital e propor um plano de melhorias. Tendo em vista que o hospital reflete todas as ações conduzidas por este grupo, a avaliação gerencial tem como objetivo definir o comportamento frente às questões energéticas e conscientizar os gestores sobre a importância da eficiência energética (EE). Outra maneira é fazer com que a gerência veja os desperdícios relacionados com a energia elétrica e acredite nas medidas propostas, refletindo a todos os funcionários envolvidos e facilitando a aplicação das propostas.

A elaboração do plano de melhorias visa orientar sobre as principais ações internas que podem vir a promover melhorias no trato do uso da energia, baseando-se nos resultados da avaliação gerencial. Buscando o planejamento e distribuição de tarefas ou atividades, são estabelecidas as diretrizes (quem?, o quê?, por quê?, onde?, quando?, como? e quanto?). O plano auxilia na definição das ações a serem conduzidas, programando suas formas de implantação, acompanhamento e controle.

### B. *Treinamento e Conscientização dos Usuários*

O treinamento e conscientização dos usuários consiste em criar a Comissão Interna de Gestão de Energia (CIGE), formada por funcionários e colaboradores de diversos setores do hospital, com a função de propor, implementar e acompanhar as medidas efetivas de eficiência energética. Esta comissão visa otimizar a utilização de energia orientando, direcionando e controlando as ações sobre os recursos econômicos, minimizando assim a relação entre o consumo/serviço, reduzindo índices globais e específicos da quantidade de energia necessária para obtenção do resultado.

#### *1) Comissão Interna de Gestão de Energia (CIGE)*

Antes de se tomar qualquer iniciativa ou ação visando a economia de energia em uma empresa ou órgão público é de

toda a conveniência implantar um programa interno de conservação de energia. Essa conveniência se prende ao fato de que ações isoladas, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder o seu efeito ao longo do tempo.

Um PEE exige iniciativa e criatividade, além de ações que demandam mudanças de hábito, que é um difícil obstáculo a ser vencido. Para contornar esses problemas de implantação, a alta administração deve mostrar claramente que o programa está inserido na política administrativa da empresa. Sua elaboração deve ser resultado do esforço dos diversos setores do órgão e da participação de todos os empregados.

*a) Principais atribuições*

Para contribuir com o andamento das ações de EE cabe a CIGE as seguintes atribuições:

- Controlar e acompanhar o faturamento de energia: consumo (kWh), demanda (kW); fator de carga e de potência;
- Realizar periodicamente inspeções nas instalações e nos procedimentos das tarefas, visando identificar situações de desperdício de energia elétrica.
- Elaborar gráficos e relatórios gerenciais, visando subsidiar o acompanhamento e tomadas de decisões;
- Conscientizar e motivar os servidores: divulgar informações relativas ao uso racional de energia elétrica e os resultados alcançados, em função das metas que forem estabelecidas.
- Reuniões periódicas com o pessoal, para mantê-lo informado do desenvolvimento do programa e dos resultados obtidos, servem de estímulo, tornando o programa uma causa de todos.

A melhor forma de despertar o interesse e o engajamento dos servidores é através da comunicação. Um programa terá melhores resultados, caso haja motivação de todos os servidores e treinamentos que garantam a correta execução do programa.

## *C. Diagnóstico Energético*

Para determinar o potencial de conservação de energia elétrica nos usos finais presentes em instalações hospitalares, é realizado um diagnóstico energético que é aplicado a todos os usos finais. Esta etapa compõe o Projeto de Eficiência Energética, sendo realizado após a avaliação gerencial e o plano de melhorias. Define-se como uso final todo o sistema composto por equipamentos que consomem energia elétrica.

*1) Levantamento de Dados*

Esta etapa deve ser realizada de forma crítica e bastante minuciosa. A partir das informações prestadas pelos usuários e do levantamento *in loco* obtêm-se os dados necessários à determinação do potencial de conservação de energia elétrica de cada uso final.

*a) Faturas de Energia Elétrica*

As faturas de energia elétrica expedidas pela concessionária fornecem informações importantes sobre o uso de energia na instalação, possibilitando coletar dados como: consumo de energia ativa (kWh), consumo de energia reativa (kVAr), demanda contratada (kW), demanda faturada (kW) e valor da fatura (R$). Dependendo da modalidade tarifária deve-se verificar ainda informações segmentadas em horários do dia (ponta e fora de ponta) e em períodos do ano (seco ou úmido). Tendo em vista que as faturas de energia fornecem dados de período de 30 dias, com o histórico de 12 meses destas faturas, é possível analisar a evolução do consumo e da demanda de energia elétrica, permitindo readequar os valores contratados.

*b) Medições*

Através de medições realizadas com equipamentos específicos denominados registradores de grandezas elétricas (RGE's), obtém-se a curva de carga geral da instalação. E com o objetivo de obter informações precisas sobre as características do consumo diário, os RGE's também são importantes para o levantamento de dados de áreas ou equipamentos específicos.

*c) Levantamento de Dados por Inspeção*

O levantamento de dados por inspeção corresponde ao procedimento de aquisição de informações *in loco*, sobre as características físicas e os hábitos dos usuários.

*2) Análise e Tratamento de Dados*

Finalizada a etapa de levantamento de dados se faz necessário a organização dos mesmos pra direcionamento dos estudos.

Esta análise é responsável pela determinação do potencial de conservação de energia de uma instalação. Para isso, torna-se necessário conhecer o perfil da curva de carga da instalação, construindo a matriz energética da instalação. A matriz energética agrega os usos finais por grupos de equipamentos com características semelhantes e seus respectivos consumos totais. A partir desta, se constrói um gráfico de consumo percentual por uso final.

Outra forma de análise de dados é a criação de indicadores de uso da energia elétrica. Através das informações obtidas nas etapas anteriores pode-se calcular indicadores que representem a relação entre consumo de energia e o serviço prestado, área ocupada, número de usuários, etc.

*3) Determinação do Potencial de Conservação*

*a) Sistema de Iluminação*

A análise do sistema de iluminação é essencial para a realização de diagnósticos energéticos pois é um dos usos finais com maior participação no consumo global de instalações hospitalares.

De acordo com a metodologia proposta, o levantamento de dados é realizado através de visita a todos os ambientes. Durante essas visitas, são levantados dados específicos do sistema, a fim de se realizar o cálculo luminotécnico para o atendimento das normas de sistemas de iluminação e alcançar um nível adequado de conforto visual. Finalizada a etapa de coleta de dados, calcula-se o consumo (kWh) e a demanda (kW) e os horários de utilização. Posteriormente, é realizada a análise de dados, onde são sugeridas e calculadas todas as propostas de ações de eficiência energética do sistema.

Os sistemas de iluminação mais modernos conseguem produzir a mesma quantidade de luz utilizando menos energia.

Isto é obtido com a troca por tecnologias eficientes, entre elas:

• Substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas;

• Substituição das luminárias convencionais por artefatos com fundo em alumínio anodizado;

• Substituição de lâmpadas fluorescentes de potência de 40 W por 32 W e lâmpadas fluorescentes de 20 W por 16 W;

• Substituição de reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos;

• Aproveitamento da iluminação natural.

Pode-se exemplificar a substituição de luminárias e lâmpadas através da Fig.1 que ilustra o aspecto de uma luminária ineficiente sendo que a Fig.2 apresenta a luminária indicada para substituição.

Fig. 1. Aspecto de uma luminária ineficiente

Fig. 2. Aspecto de uma luminária eficiente

A análise na disposição das luminárias, além de trazer benefícios em termos da qualidade do serviço prestado, muitas vezes proporciona uma considerável economia de energia elétrica para o setor analisado. A Fig. 3 mostra um exemplo da má disposição das luminárias instaladas na parede, indicando-se realocação das mesmas em locais com melhor aproveitamento. Lâmpadas dicróicas instaladas nas cabeceiras dos leitos, conforme visualizado na Fig 4, trazem desconforto térmico e visual, sendo indicado neste caso a substituição por uma luminária articulada com lâmpada fluorescente compacta.

Fig. 3. Aspecto da má disposição das luminárias no corredor de um hospital.

Fig. 4. Aspecto da má disposição das luminárias em alguns leitos de um hospital.

As lâmpadas de vapor de mercúrio e mista para a iluminação externa possuem baixo rendimento e portanto, maior consumo de eletricidade, sendo indicado a substituição por lâmpadas de vapor de sódio.

Existem algumas dicas que envolvem baixos custos e que são importantes:

- Manter sempre limpas as paredes, tetos e pisos;
- Utilizar cores claras pois refletem melhor a luz;
- Em ambientes com divisórias que não puderem ser removidas totalmente, devem-se instalar divisórias baixas para permitir o uso da luz nas áreas adjacentes;
- Utilizar mobilários com cores claras, que não tenham superfícies brilhantes (lustrosas) ou que não proporcionem reflexões indesejáveis;
- Em ambientes com pé direito muito alto, verificar a possibilidade de rebaixar as luminárias, tomando cuidado com o ofuscamento.

Ao escolher as novas potências de lâmpadas e modelos de luminárias é necessário executar o cálculo luminotécnico a fim de atender os níveis mínimos de iluminação exigidos pelas normas vigentes. Após é calculado o novo consumo e a nova demanda de energia elétrica.

*b) Aquecimento de Água*

Conforme [3], o chuveiro elétrico de passagem é a forma mais usual de aquecimento de água utilizada no Brasil. Este equipamento possui elevado consumo de eletricidade, podendo muitas vezes superar a potência de 7.500 W. Desta forma, a demanda de energia elétrica pode ser bastante elevada, apesar do mesmo funcionar em curtos intervalos de tempo.

No sistema de aquecimento de água, apesar do mesmo não ser o que mais consome energia elétrica, é nele que existem os maiores potenciais de economia de eletricidade especialmente para hospitais de pequeno e médio porte. Isto ocorre por que, através da substituição de chuveiros elétricos de passagem por sistemas de aquecimento solar, se obtém até 90% de economia de energia elétrica para aquecimento de água. A Fig. 5 apresenta o aspecto de um chuveiro elétrico comumente utilizado nos hospitais do RS. Estes equipamentos, após uma análise da viabilidade econômico-financeira, foram substituídos por equipamentos de aquecimento solar. Esta prática é muito comum em estabelecimentos que utilizam sistemas elétricos para o aquecimento de água para banho. A Fig.6 e a Fig.7 mostram o novo sistema instalado que se mostrou muito eficiente em comparação com o sistema antigo.

Fig. 5. Aspecto de um chuveiro elétrico pertencente ao antigo sistema de aquecimento de água de um hospital

Fig. 6. Aspecto dos boilers instalados para o novo sistema de aquecimento de água em um hospital.

Fig. 7. Aspecto dos coletores solares do novo sistema de aquecimento de água em um hospital.

*c) Força Motriz*

É composto pelos subsistemas de bombeamento de água, exaustão, transporte vertical, maquinário da lavanderia e ar comprimido. O sistema de força motriz é empregado na maioria em todos os setores de um hospital e devido a isso, seu potencial de economia de energia é analisado dentro dos parâmetros de utilização.

*d) Bombeamento de Água*

Este sistema é composto por bombas que geralmente operam de forma ineficiente, necessitando em sua maioria de redimensionamento para melhor aproveitamento da energia elétrica. Seguindo orientações da metodologia proposta, primeiramente realiza-se o levantamento de dados com o objetivo de adquirir todas as informações necessárias para posterior análise.

A coleta de dados é feita de várias formas, que vão desde o processo manual para verificação de dados de placa de cada bomba, disposição dos reservatórios de captação de água e quais os setores são atendidos e instalação de RGE's para verificar a curva de consumo de cada bomba.

Posteriormente é realizada a análise de dados, onde são sugeridas a substituição de sistemas obsoletos por tecnologias de alto rendimento energético. Propõe-se:

- Substituição de bombas;
- Vistorias das instalações e localização de possíveis vazamentos nas tubulações;
- Verificar as capacidades dos reservatórios;
- Substituição de torneiras para redução do consumo de água;
- Minimização dos acessórios da canalização, evitando válvulas de pé, curvas acentuadas, reduções e ampliações bruscas.

Outras recomendações também são importantes, tais como: compatibilizar a potência do motor elétrico com a capacidade da bomba, evitando a subutilização do motor, que ocasiona seu baixo fator de potência e dimensionar corretamente o diâmetro da tubulação, pois a utilização de diâmetros menores ocasiona maior consumo de energia.

*e) Sistema de Exaustão*

Este sistema compreende todos os exaustores dos hospitais, e geralmente opera de forma ineficiente devido à falta de manutenção e ao superdimensionamento dos motores destes exaustores.

A coleta de dados é feita da mesma maneira anteriormente descrita. Com a planilha os dados de cada exaustor são coletados e com a instalação de RGE's é possível traçar a curva de consumo do sistema.

Posteriormente são analisados os dados, onde são sugeridas propostas de eficientização. Dentre essas propostas, cita-se a criação ou melhoria do plano de manutenção deste sistema. Analisando os diagnósticos já realizados, observa-se a falta de controle de limpeza dos filtros e pás dos exaustores, assim como a manutenção das correias e monitoramento de seu funcionamento. Na maioria das vezes a única manutenção que ocorre é a corretiva. Como medida de eficiência para este sistema propõe-se um plano de manutenção preventiva, onde o setor responsável deve controlar a limpeza destes exaustores.

Para comprovar a eficiência deste método pode-se exemplificar com o exaustor de uma lavanderia com demanda de aproximadamente 21 kW, que após a limpeza, a potência medida foi de aproximadamente 5 kW. Com isso, verificou-se que a sujeira obstruía a saída, reduzindo assim a vazão de ar e solicitando maior potência do motor do exaustor, conseqüentemente aumentando o consumo de energia elétrica do mesmo. A Fig. 8 apresenta o aspecto de um filtro obstruído pela sujeira.

Fig. 8. Aspecto de um filtro obstruído pela sujeira.

Além de manutenção, propõe-se também um estudo do período de funcionamento. Para minimizar o tempo de funcionamento do sistema é necessário analisar a necessidade de ventilação durante os diferentes períodos do ano, mês e dia. Utilizando esta análise para estabelecer um bom cronograma de funcionamento pode-se obter grande redução do consumo de energia. Um exemplo do potencial elevado de economia é a ventilação de instalações em horários em que o sistema não está operando. Analisando o desligamento de exaustores durante horários ociosos, é possível projetar a alteração do horário de funcionamento, promovendo a redução do consumo. Se utilizados equipamentos mais eficientes energeticamente, com programador de horário configurado para trabalhar apenas nos horários em que seja necessário a operação do exaustor e desligando o equipamento no restante

do tempo, o ganho é significativo. Ainda como medida de eficiência, cita-se a troca dos motores convencionais por motores de alto rendimento.

*f) Transporte Vertical*

O sistema de transporte vertical compreende os elevadores de um hospital. O cálculo do consumo de energia elétrica de um elevador envolve diversas variáveis, tais como:

- Modelo e características técnicas;
- Tipo de utilização;
- Carga transportada;
- Quantidade de viagens por dia.

O consumo de energia elétrica neste sistema se deve principalmente à energia utilizada na máquina de tração, com uma menor participação da luz da cabine, do ventilador, do operador da porta e do quadro de comando. O sistema de elevadores em um prédio pode apresentar um bom potencial de economia de energia. Estes resultados podem ser alcançados através de investimentos na modernização e atualização deste sistema.

Os dados adquiridos com o RGE possibilitam traçar a curva de consumo e demandas atuais. Concluída esta etapa, surgem as propostas de eficientização. Se o sistema atua sem comunicação entre os elevadores, quando passageiro chama dois elevadores ao mesmo tempo, por exemplo, eles simplesmente atenderão o andar juntos. Com a proposta de modernização dos equipamentos considerando troca de quadros de comando, acionamentos e motores, os elevadores terão comunicação entre si, impedindo com que dois elevadores atendam ao mesmo chamado, tornando o sistema mais eficiente.

Pode-se analisar a troca do sistema ou apenas o remanejo na operação, reorganizando os horários de utilização de cada elevador, conforme a viabilidade da proposta.

*g) Lavanderia*

As análises do consumo de eletricidade da lavanderia são realizadas a partir dos dados de processo fornecidos pela equipe técnica. Os dados técnicos de equipamentos são fornecidos pela equipe de manutenção do hospital, complementados com os levantamentos feitos pela equipe que realiza o levantamento de dados, bem como catálogos técnicos fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos.

Composta por um maquinário de alto consumo energético, a lavanderia possui peculiaridades na distribuição de tarefas em sua planta, as quais necessitam ser eficientes para não interferir na qualidade do processo e atendimento ao serviço. Ao realizar o diagnóstico energético neste setor, é necessário se fazer um levantamento de dados a partir das estatísticas da lavanderia, como a quantidade de roupa que necessita lavar, passar, dobrar, etc, para se conhecer os hábitos de consumo e propor ações que melhorem o aproveitamento da energia elétrica. Além disso, deve-se instalar RGE's com objetivo de coletar dados de consumo e demanda e traçar as curvas de carga. Na análise de dados são propostas as trocas de máquinas, ou remanejo nas instalações da área suja (utilizada para separação e lavagem) e a área limpa (utilizada para acabamento e guarda), com o objetivo de melhor aproveitamento físico e redução de perdas por calor, entre outros. A troca por motores de alta eficiência e uso de inversores são propostas que podem ser analisadas dependendo da aplicação.

*h) Sistema de Condicionamento Ambiental*

O sistema de ar condicionado representa grande participação no consumo de energia elétrica de um hospital. Neste contexto, se faz necessária a utilização de equipamentos mais eficientes, com base em estudos técnicos e econômicos. Desta forma, medidas devem ser tomadas, e a partir do levantamento de dados é possível indicar os pontos críticos do sistema onde estas medidas possam ser implantadas.

Durante o levantamento de dados é importante verificar a quantidade de aparelhos de ar condicionado do tipo S*plit* e do tipo janela, além do sistema de ar central. A arquitetura da edificação tem grande influência neste sistema, pois a conservação das aberturas, o uso de divisórias, sistema de iluminação e uso energeticamente adequado do *brise-solei* (dispositivo arquitetônico utilizado para impedir a incidência direta de radiação solar nos interiores de um edifício, de forma a evitar aí a manifestação de um calor excessivo) influenciam em sua eficiência e conseqüentemente na carga térmica do ambiente. Após a coleta de dados, é necessário propor soluções para a melhora do sistema.

Os filtros obstruídos acarretam em uma maior exigência dos motores dos aparelhos de ar condicionado, pois estes são obrigados a trabalhar com maior pressão. Uma recomendação é o controle da perda de pressão nos aparelhos através de manômetros, tipo coluna de água, procedendo-se a limpeza ou a troca dos filtros, quando atingida a perda máxima recomendada pelo fabricante.

Outra ação muito importante neste sistema é estabelecer uma política energética e de manutenção. A falta de equipe ou projeto de planejamento global de crescimento e manutenção energética do hospital é um grande problema pelo quais muitos estabelecimentos passam. Como conseqüência, são realizados improvisos para o atendimento do aumento da carga térmica sem a avaliação como um todo, o que tem como conseqüência risco na confiabilidade e a operação fora do ponto de maior eficiência. Nos programas de manutenção são previstos todos os cuidados com a parametrização de cada equipamento, ajustes e limpeza de filtros, contribuindo assim, não só para evitar o desperdiço de energia, mas também para impedir paradas não desejadas para os equipamentos.

Alguns exemplos de desperdício podem ser verificados nas Fig. 9 e 10, que mostram, respectivamente, a falta de manutenção nos filtros, que estão obstruídos pela sujeira e a falta de planejamento da compatibilização das cargas térmicas, onde existe uma estufa elétrica localizada ao lado de uma tomada de ar.

Fig. 9. Aspecto da falta de manutenção dos filtros do sistema de ar condicionado.

Fig. 10. Aspecto da falta de planejamento da incorporação das cargas térmicas.

A vedação dos ambientes é extremamente importante para o uso eficiente deste sistema e deve ser proposta na análise de dados caso não haja em todos os ambientes. Deve-se atentar também para a temperatura interna dos ambientes. A norma brasileira de Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto - Parâmetro Básicos de Projeto (NBR-6401/80) recomenda que a temperatura interna dos ambientes encontrados no hospital (atendidos por aparelhos de condicionamento de ar de janela e *Split*) deve adotar no período de inverno uma temperatura que varie de 20 a 22ºC, e no período de verão varie de 23 a 25ºC, proporcionando aos ambientes uma temperatura confortável aos usuários.

Quando verificada em um hospital, onde o sistema de ar condicionado é constituído por aparelhos do tipo janela, a inviabilidade, técnica ou economicamente, da instalação de um sistema de condicionamento de ar central, deve-se verificar a viabilidade da substituição dos equipamentos obsoletos por equipamentos do mesmo tipo, porém de alto rendimento energético aos quais foram concedidos o selo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

*(1) Análise do Conforto Térmico*

A análise do conforto térmico é uma etapa importante para verificação de eficiência do sistema de condicionamento ambiental. Esta análise é realizada com o intuito de verificar o dimensionamento dos aparelhos de ar condicionado necessários para atender os níveis desejados de conforto térmico, adequando os equipamentos para a real necessidade dos ambientes do hospital. Os dados relevantes referentes à construção, iluminação, equipamentos elétricos, hábitos do hospital e ocupação dos ambientes, devem ser levantados *in loco* para utilização no cálculo de carga térmica. De posse desses dados é possível determinar o nível de conforto térmico, verificando se estão de acordo com as temperaturas especificadas na NBR-6401, e quais as potências dos sistemas de ar condicionado necessárias para suprir a carga térmica dos ambientes analisados. Com o auxílio do programa computacional *EnergyPlus* (programa de simulação de edificações oficial do Departamento de Energia dos Estados Unidos), é possível realizar as análises de conforto térmico dos ambientes da edificação hospitalar [2].

Após calculadas as reais necessidades de potência para se atingir o conforto térmico e com conhecimento do investimento em tecnologias mais eficientes, é realizada uma análise econômica a fim de se conhecer a viabilidade das ações de eficiência propostas.

*i) Equipamentos Hospitalares*

Atualmente existe uma série de experiências e casos de sucesso em PEE dos mais variados usos finais. Porém, na área de equipamentos biomédicos pouco foi feito. Os principais fatores que dificultam os projetos nessa área são o alto custo dos equipamentos, a complexidade construtiva e de operação dos mesmos, além do pouco conhecimento quanto ao comportamento e importância destas cargas frente aos demais usos finais.

Para analisar o consumo de energia dos equipamentos hospitalares, primeiramente realiza-se o levantamento das características de carga baseadas em dados de placa e medições de RGE's a fim de conhecer o regime de funcionamento dos equipamentos, além de entrevistas com as equipes de enfermagem responsáveis por cada setor do hospital , técnicos e engenheiros biomédicos.

Devido aos constantes progressos técnicos e científicos são introduzidos no mercado equipamentos biomédicos eficientes e mais seguros, porém com custos elevados. Portanto, o custo-efetividade (custo-benefício) torna-se um elemento fundamental no contexto de recursos financeiros limitados, no qual os hospitais se encontram.

Como propostas de melhorias neste sistema pode-se citar:

- Sugere-se a operação da caldeira para a geração de vapor nas autoclaves que operam através de resistências elétricas;
- Recomenda-se que os equipamentos de raio x obsoletos que não possuem mais fabricação de peças para reposição sejam substituídos por equipamentos com tecnologia avançada com gerador dotado de conversor que opera em alta freqüência, sendo este de tamanho menor e produzindo radiografias de alta qualidade.

Outros setores também apresentam algumas oportunidades de ganho, como nas Unidades de Tratamento Intensivo (UTI) Neonatal, onde existem berços aquecidos que encontram-se próximos à saídas do sistema de condicionamento ambiental necessitando uma maior carga térmica para elevar a temperatura do recém-nascido. Desta forma, recomenda-se que sejam observados os locais de instalação dos berços

aquecidos e incubadoras evitando-se a sua localização próximo da saídas de ar condicionado.

Ainda pode-se analisar a utilização focos cirúrgicos com LEDs (Light-Emiting Diodes). A tecnologia dos LEDs possui vantagens sobre as lâmpadas convencionais halógenas, tais como características ajustáveis de iluminação, baixa geração de calor e ciclo de vida praticamente ilimitado. O sistema de LEDs não emite raios infravermelhos gerando uma luz fria e sem desperdício de energia, além de proporcionar maior conforto à equipe cirúrgica.

*j) Sistemas de informação*

A análise do sistema de informação abrange os seguintes equipamentos: microcomputadores, impressoras, scanners, terminais de vídeo, copiadoras, televisores, aparelhos de som, faxes e vídeo cassetes.

Após as entrevistas realizadas com os usuários do sistema de informação nos hospitais, constata-se que muitas vezes os equipamentos não são utilizados de maneira eficiente quanto ao consumo de energia. O fato se deve basicamente a falta de informação dos funcionários e colaboradores de como operar corretamente de maneira eficiente seus equipamentos.

O gasto excedente de energia é verificado principalmente na utilização de computadores os quais permanecem ligados sem necessidade, como por exemplo:

- Durante os horários das refeições e reuniões, bem como nos longos períodos em que o operador se ausenta do local de trabalho (quando por exemplo: as enfermeiras deixam os postos de enfermagem para o atendimento aos pacientes, que muitas vezes necessita a execução de procedimentos demorados);
- Muitos computadores não são configurados adequadamente no modo de economia de energia (quando a luminosidade da tela é reduzida). Alguns possuem protetor de tela, que em alguns casos, apesar de reduzir o consumo de energia, não apresenta mesma eficiência quanto o modo de espera (que desliga o monitor após um tempo pré-programado de desuso do computador).

Seguindo as diretrizes do programa *Energy Star*, os microcomputadores pessoais e periféricos mais modernos já incorporam funções de gerenciamento que possibilitam reduções consideráveis no consumo de energia elétrica desses equipamentos. Através de um gerenciador de energia o computador pode operar no modo de baixo consumo após um determinado tempo de ociosidade, programável pelo usuário.

*k) Analise Financeira*

Após a aquisição das informações referentes à edificação analisada, são realizadas as análises de prospecção de oportunidades para a redução dos desperdícios identificados e a simulação de diferentes enquadramentos tarifários, para avaliar qual se ajusta melhor ao perfil da edificação. Então, é realizada a avaliação da redução no consumo e demanda de eletricidade, utilizando equipamentos de alta eficiência energética. De posse dos custos dos equipamentos e de implantação, bem como redução do consumo e demanda de energia elétrica, calcula-se a Relação Custo-Benefício (RCB) do ponto de vista do cliente e da concessionária e da sociedade e o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno do Capital Investido (TRC) sob a ótica do cliente para a implementação das medidas. Para o cálculo da RCB sob o enfoque da concessionária são levados em conta os custos evitados para a ampliação dos sistemas de geração, transmissão e distribuição, cujas taxas são ditadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Já sob o enfoque do cliente são levadas em conta as tarifas praticadas, cujas taxas são ditadas pelo mercado.

### *D. Redução dos impactos ao meio ambiente.*

Dentro da perspectiva de propor soluções para reduzir os desperdícios energéticos, e tendo em vista a influência da geração de energia nas mudanças climáticas constatadas na atualidade, a implantação de um PEE possibilita a mitigação de gases estufa. Ao aplicar ações visando à redução de consumo de eletricidade nas edificações hospitalares, a energia é conservada reduzindo seus patamares de geração e amortizando a emissão de dióxido de carbono $CO_2$ proveniente de sua geração.

Dado este cenário, pode-se comprovar o grande potencial de mitigação de emissão dos gases estufa. Além disso, como estes projetos são classificados em atividades de pequena escala no âmbito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, conforme o Protocolo de Quioto será possível, mediante aprovação, a venda de créditos de carbono com esta economia de energia prevista nos PEE.

## III. RESULTADOS OBTIDOS

Com a realização de PEE em 16 hospitais de diferentes portes no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 1999 a 2007, se obteve um potencial de redução de consumo de 7.090,43 MWh de um consumo total de 25.427,96 MWh. E um potencial de redução de emissões de $CO_2$ de 27%, correspondendo a 6.793,15 ton $CO_2$/MWh. Para se obter a mesma redução de $CO_2$ através do plantio de árvores seriam necessárias em torno de 40.759 árvores, considerando que para neutralizar cada tonelada de $CO_2$ emitida, são necessárias 6 árvores [5].

## IV. CONCLUSÕES

Através da implementação da metodologia proposta para o uso eficiente da energia, aplicada em 16 hospitais de diversos portes, analisou-se as reduções de consumo advindas dos sistemas de iluminação, aquecimento de água, força motriz, condicionamento ambiental, entre outros. Foram evidenciadas várias situações de desperdício de energia elétrica em cada um dos usos finais, sendo pela utilização de equipamentos com baixa eficiência energética, falta de manutenção e pelo emprego de processos menos eficientes

Com a aplicação da metodologia proposta, que é composta de uma avaliação gerencial, plano de melhorias, treinamento e conscientização dos usuários e o diagnóstico energético, verifica-se um potencial de redução de 27 % do consumo de energia. É importante salientar que um PEE terá melhores

resultados, caso haja motivação de todos os servidores e treinamentos que garantam a correta execução do programa.

A adoção dessas medidas, além de trazer benefícios diretos para o hospital, como redução de custos, é igualmente benéfica para a sociedade, pois contribui para a redução de emissão de gases nocivos ao meio ambiente, proporcionando ganhos ambientais significativos através da diminuição do consumo de energia. Neste sentido, a prática de eficiência energética encontra-se em perfeita sintonia com a gestão ambiental, evidenciando-se a potencialidade de mitigação de $CO_2$ e proporcionando o ganho com a venda de créditos de carbono.

Os resultados obtidos demonstram que os PEE também são vantajosos em relação à expansão do sistema, proporcionando para a concessionária de energia elétrica a postergação de investimentos e aumento da confiabilidade no fornecimento de energia elétrica.

## V. Referências

[1] VARGAS JÚNIOR, RAUNILDO H. Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Hospitais Públicos de Pequeno Porte no Brasil: Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado do Tipo Janela. - Dissertação de Mestrado- COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ, 2006. 197 p.

[2] BALTAR, MARTA G. Redução da Demanda de Energia Elétrica utilizando Parâmetros Construtivos visando ao Conforto Térmico. - Dissertação de Mestrado - PPGEE - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS, 2006. 124 p.

[3] WWF BRASIL. Carta aberta do WWF-Brasil para a EPE. Disponível em: http:// ssets.wwf.org.br/downloads/carta_resposta_tolmasquim_out_06.pdf . Acesso em outubro de 2007.

[4] DUARTE, Odilon Francisco Pavón. Eficiência Energética em Sistemas de Equipamentos Hospitalares. In: II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007, Vitória. II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 2007.

[5] PETRY, B. M. . Verificação de Ganhos de Crédito de Carbono Através da Implantação de Projeto de Eficiência Energética Em Edificações Hospitalares. In: VII Salão de Iniciação Científica PUCRS, 2007, Porto Alegre. Verificação de Ganhos de Crédito de Carbono Através da Implantação de Projeto de Eficiência Energética Em Edificações Hospitalares. Porto Alegre : PUCRS, 2007.

## VI. Biografias

**Odilon Francisco Pavón Duarte** nasceu em Santana do Livramento em 28 de janeiro de 1970. Possui graduação em Engenharia Elétrica (Eletrotécnica) pela PUCRS (1993) e mestrado em Engenharia Elétrica pela PUCRS (1998). Atualmente é Professor Assistente e Coordenador do GEE da PUCRS. Tem experiência na área de Gestão de Energia, com ênfase em Eficiência Energética, atuando principalmente na elaboração e supervisão de diagnósticos energéticos, em projetos relacionados com energia e meio ambiente, no treinamento para o uso eficiente da energia e na elaboração de avaliações gerenciais.

**Bibiana Maitê Petry** nasceu em Novo Hamburgo em 27 de agosto de 1987. Técnica em Eletrotécnica pela FETLSVC (2006) Vieira da Cunha. Atualmente é Acadêmica de Engenharia Elétrica na PUCRS. Atua principalmente na área de Gestão ambiental e Eficiência Energética no GEE da PUCRS.

**Maicon Henrique Klauck** nasceu em Novo Hamburgo, em 13 de Outubro de 1988. Técnico em Eletrônica pela FETLSVC (2007). Atualmente é Acadêmico de Engenharia Elétrica na PUCRS. Atua principalmente na área de Gestão de Projetos e Eficiência Energética.

**Diego Ramos Moreira** nasceu em São Gabriel, em 5 de Março de 1987. Atualmente é Acadêmico de Engenharia Elétrica na PUCRS. Atua principalmente na área de Gestão ambiental e Eficiência Energética no GEE da PUCRS.